

2.2 Nordseeküste: Klimawandel und Welthandel komponieren Lebensgemeinschaften neu

KARSTEN REISE

Nordseeküste: Klimawandel und Welthandel komponieren Lebensgemeinschaften neu - Rasche Erwärmung und eingeschleppte Arten haben eine geradezu revolutionäre Umwälzung im ökologischen Funktionsgefüge des Wattenmeers ausgelöst. Längere Wachstumsphasen, milde Winter und wärmere Sommer haben bei den Organismen in Watt und Flachwasser unterschiedliche Reaktionen hervorgerufen. Die unbeabsichtigt mit dem transozeanischen Seeverkehr verschleppten sowie die absichtlich eingeführten Meeresorganismen entstammen vorwiegend wärmeren Küstengewässern als der Nordsee. Das geriet ihnen zum Vorteil. Eine lange Phase mit wärmeren Bedingungen hat die Invasionen begünstigt und schon früher eingeschleppte Arten reaktiviert. Insbesondere die Flachwasserzone wird heute oft von eingeschleppten Arten (Neobiota) dominiert. Besonders auffällig ist die Ausbreitung pazifischer Austern. Sie bilden Riffe mit Ansiedlungsmöglichkeiten für weitere Arten. Diese Austern verändern nicht nur das Nahrungsnetz, sondern verhindern mit ihren rasiermesserscharfen Schalen auch das beliebte Barfußwattlaufen.

Climate change and global trade compose novel species assemblages at the North Sea coast: Rapid warming and species introductions have initiated a revolutionary turnover of ecological functioning in the Wadden Sea. Extended growth season, milder winters and warmer summers cause differential responses in nearshore organisms. Most of the accidental introductions with transoceanic shipping and also the intentionally introduced species originate mainly from warmer waters than the North Sea. The recent warming facilitates invasions and reactivates invaders introduced already some time ago. Particularly the near shore area is dominated by exotic marine species. Highly conspicuous is the spread of a Pacific oyster generating a new habitat. Oysters not only interfere with the food web, but their shells with razor-sharp edges also preclude the popular barefoot hiking across tidal flats.

Lebewesen temperierter Küsten sind hart im Nehmen und zeichnen sich durch besondere Temperaturtoleranz aus. Entsprechend weit sind sie über die Breitengrade verteilt. So kommen zum Beispiel Seegras und Herzmuschel von Norwegen bis Nordafrika vor. Bei Extremsituationen im Gezeitenbereich finden sie Refugien in tieferen Zonen, wo die hohe Wärmekapazität des Meeres die Temperaturschwankungen dämpft. Strömungen entlang der Küste ermöglichen durch Verdriftung eine Rückbesiedlung über weite Distanzen und dies in kürzeren Zeiträumen als es den meisten Pflanzen und nicht fliegenden Tieren an Land möglich ist. Das lässt erwarten, dass die Lebensgemeinschaften an der Küste gegenüber dem Klimawandel nicht so leicht aus der Fassung zu bringen sind. Tatsächlich aber zeigt sich anders als erwartet ein tiefgreifender Wandel im Ökosystem. Die Ursache liegt in einer Kombinationswirkung von Klimawandel und Welthandel. Durch die zunehmende Globalisierung der Warenströme, an denen der Schiffsverkehr einen hohen Anteil hat, landen immer mehr Organismen aus Übersee an der Nordseeküste und treffen dort durch die derzeitige Erwärmung auf immer günstigere Überlebensbedingungen. Das Ergebnis ist eine rasche Zunahme an für die Nordsee neuen Arten, von denen einige so häufig geworden sind, dass sie die Funktion des Ökosystems verändern.

Wärmeres Wasser und Dominoeffekte im Ökosystem

Die heutige Wassertemperatur in der Nordsee ist höher als je zuvor seit Beginn regelmäßiger Messungen vor 150 Jahren. Die deutlichsten Änderungen gab es bei den Sommertemperaturen, die seit 1985 fast dreimal stärker zugenommen haben als das globale Temperaturmittel (MACKENZIE & SCHIEDEK 2007).

Nach 1996 gab es an der Nordseeküste eine ungewöhnlich lange Phase von 13 Jahren ohne strenge Winter. Zu bedeutender Eisbildung kam es erst wieder seit 2010. Ob dies nur vorübergehende Anomalien bleiben, ist ungewiss. Bemerkenswert bleibt das registrierte Tempo der Temperaturzunahme. Meeresorganismen haben Schwierigkeiten sich an dieses Tempo mit Änderungen ihres Genoms anzupassen. Auch wenn die Temperaturtoleranz der meisten Arten sehr weit ist, so ändern sich doch die bei Temperaturanpassungen zu erbringenden Leistungen und das hat Auswirkungen auf das ökologische Wechselspiel zwischen Symbionten, Konkurrenten, Räubern und Parasiten.

In einigen Bereichen des Wattenmeeres hat es seit Ende der 1990er Jahre keine nennenswerte Rekrutierung der wirtschaftlich bedeutenden Miesmuscheln mehr gegeben und auch andere Muscheln haben rück-

läufige Populationsstärken (BEUKEMA & DEKKER 2005, NEHLS et al. 2006). Das zeigt Folgen bei den Muscheln fressenden Vögeln wie Eiderenten, Austernfischern und dem Knut, deren Anzahl abnimmt (SCHEIFFARTH & FRANK 2005). Eine der nachgewiesenen Ursachen sind die vielen milden Winter in Folge, denn Muschelbrut ist sehr anfällig gegenüber zahlreichen Räubern wie Garnelen, Strandkrabben und Seesternen. Die wiederum sind sehr anfällig gegenüber strengen Wintern. So gelingt es Muschelbrut oft nur nach strengen Wintern heranzuwachsen ohne schon vorher gefressen zu werden. Bleiben weiterhin strenge Winter aus, wird es zumindest vorübergehend im Wattenmeer weniger Muscheln und damit auch weniger Vögel geben, die auf Muschelnahrung angewiesen sind. Langfristig ist allerdings zu erwarten, dass auch die Räuber der Muschelbrut ihrerseits vermehrt Beute anderer Räuber werden oder mehr Parasiten auf sich laden. Effekte der Erwärmung durchziehen das gesamte ökologische Beziehungsnetz. Dieses ist so reich an möglichen aber nicht zwangsläufigen Rückkopplungen, dass künftige Entwicklungen nicht prognostizierbar sind.

Neue Arten

Zusätzlich zur Erwärmung nimmt die Zahl der Akteure auf der ökologischen Bühne der Nordseeküste infolge des Welthandels zu. BUSCHBAUM et al. (2012) nennen 52 eingeschleppte aquatische Arten an Makroorganismen für das deutsche Wattenmeer. Hinzu kommt noch etwa ein Dutzend mikroskopische Planktonarten, deren Herkunft aber oft ungewiss ist. Die Zuwanderungsrate steigt (Abb. 2.2-1) und beträgt in der Nordsee heute etwa eine neue Art pro Jahr. Durch diese Invasionen

aus Übersee sind bisher keine der schon vorhandenen Arten ausgestorben. Dieses Phänomen führt uns generelle ökologische Zusammenhänge vor Augen: (1) Das Ökosystem der Küste ist noch längst nicht mit Arten gesättigt, (2) einzelne Arten können mit ihren spezifischen Eigenschaften wesentliche Ökosystemfunktionen verändern, (3) in komplexen und offenen Ökosystemen führt Konkurrenz selten zu Verlusten an Arten, aber Räuber, Parasiten und Krankheiten können ihre Opfer aus Teilen des klimatisch möglichen Verbreitungsgebietes eliminieren (SAX et al. 2007). Im Folgenden werden drei exotische Invasorinnen vorgestellt, die an der Nordseeküste von der Erwärmung der letzten Jahre profitieren konnten. Anschließend wird eine Synthese und ein Ausblick versucht sowie überlegt, ob und wie wir auf die Entwicklung Einfluss nehmen können.

Revival: A coastal star is back on stage!

Vermutlich mit dem Ballast eines Schiffes gelangte das amerikanische Salzwiesengras *Spartina alterniflora* Anfang des 19. Jahrhunderts in den Süden von England, wo es sich mit dem dort schon ansässigen *S. maritima* kreuzte (REISE 1994). Dem sterilen Hybridgras gelang es vor etwa hundert Jahren durch Chromosomenverdopplung fertil zu werden. Es breitete sich rasch entlang der britischen Küste aus und wuchs mit dichten Beständen in vorher vegetationslose Schlickwatten hinein. Das neu entstandene *Spartina*-Gras erhielt den Namen *S. anglica* und trug zur Verlandung bei (Abb. 2.2-2). Wegen dieser vorteilhaften Eigenschaft wurde es auch ins Wattenmeer verpflanzt und breitete sich dort entlang geschützt liegender Ufer von alleine weiter aus,

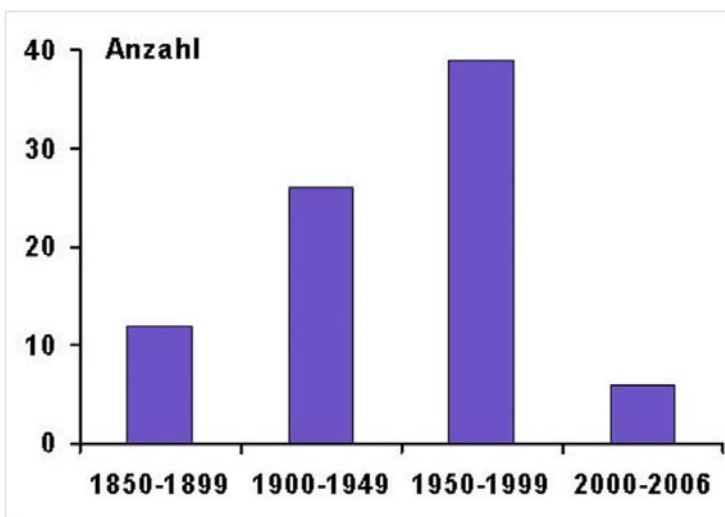


Abb. 2.2-1: In die Nordsee neu eingeschleppte Arten pro Zeitintervall.

erfüllte aber nicht die hochgesteckten Erwartungen in die Landgewinnung. Einerseits begann es in die schon vorhandenen Salzwiesen hinein zu wachsen, andererseits vermochte es nicht dort zu wurzeln, wo es für den Küstenschutz am wichtigsten gewesen wäre, d.h. dort wo Wellen und Strömung Wattboden und Salzwiesen erodierten und dadurch Landverluste verursachten.

Das neue *Spartina*-Gras wurde auch nach Australien und China verpflanzt und hat begonnen sich auch in Nord- und Südamerika auszubreiten. Zusammen mit dort heimischen *Spartina*-Arten bildet es nun an fast allen Küsten der temperierten Breiten geschlossene, dichtwüchsige Grasgürtel zwischen Land und Meer. Es verträgt vollständiges Untertauchen im Rhythmus der Gezeiten, aber wo es kälter ist, wächst es kümmerlich. Zur Keimung im Frühjahr benötigt es wenigstens 4°C und zum Wachstum 7–25°C. In der Nordsee begann seine Wuchsphase daher relativ spät im Vergleich zu anderen Pflanzen der Salzwiese. Gerade das aber hat sich in den letzten 20 Jahren geändert (LOEBL et al. 2006). Die Zahl der Frühjahrsmonate (Februar–Mai) mit durchschnittlicher Tageszeittemperatur über 4°C bzw. über 7°C hat gegenüber 1970–1987 von 1988–2001 signifikant zugenommen. Vergleicht man das *Spartina*-Vorkommen an der Wattseite der Insel Sylt nach Kartierungen in 1985 und 2001, so hat es sich von

25% auf 73% der Uferlänge ausgedehnt. Oft wächst es vor erodierenden Wattufern. Wo es einen geschlossenen Bestand erreicht hat, stoppt es die Erosion. So erfüllt es schließlich doch noch die Erwartung der Küstenschutzler, weil sich nun erst optimale Temperaturen eingestellt haben, unter denen das *Spartina*-Gras sein volles Potential entfalten kann.

Vom ökologischen Schläfer zur invasiven Art

Von der amerikanischen Atlantikküste wurde um 1870 unbeabsichtigt die Pantoffelschnecke *Crepidula fornicata* nach Europa verschleppt. Sie ernährt sich wie Muscheln als Filtrierer und sitzt auf festen Unterlagen wie Austern und Miesmuscheln sowie auch zu mehreren Individuen übereinander. Bis zu zehn Schnecken finden sich in einem Paket (Abb. 2.2-3) und dann benötigen sie kein festes Substrat mehr, sondern sind sich selbst genug und beginnen Sedimente regelrecht zu bepflastern. Solche Pantoffelschnecken-Beete sind bei Sylt aber erst in den letzten Jahren entstanden, obwohl die ersten ihrer Art dort schon 1934 auf den damaligen Austerngründen gefunden wurden (THIELTGES et al. 2003). Die Austern waren bald gänzlich verschwunden, nicht wegen der Pantoffelschnecken, sondern weil sie



Abb. 2.2-2: Das *Spartina*-Gras dehnt sich zwischen etablierter Salzwiese und vegetationslosem Watt aus und trägt zur Verlandung bei.

in den Jahrzehnten zuvor schon stark dezimiert wurden, um den unersättlichen Markt zu versorgen. Die Pantoffelschnecken stiegen auf Miesmuscheln als Substrat zum Aufsitzen um, vermehrten sich, aber ihre Zahl fiel durch frostige Winter immer wieder zurück.

Niedrige Wintertemperaturen verursachen eine sehr hohe Sterblichkeit bei diesen Schnecken (THIELTGES et al. 2004). Da es nun aber im Wattenmeer seit dem strengen Eiswinter 1995/96 mehr als ein Jahrzehnt nicht mehr stark gefroren hat, konnte sich die Population der Pantoffelschnecke ungebremst vermehren. Von 2000 bis 2006 nahm die mittlere Siedlungsdichte im Bereich um die Niedrigwasserlinie auf das 8-fache zu (Abb. 2.2-3) und dicht gepackte Pantoffelschnecken-Beete entstanden. Oft waren sie dort zu finden, wo einst die Austergründe waren. Aus einer über sieben Jahr-

zehnte unbedeutenden Art ist durch die milden Winter eine bedeutende Komponente des Ökosystems geworden, die als Filtrierer die Rolle der ausgerotteten Austern übernehmen könnte. Die letzten Eiswinter haben diesem Massenaufreten zwar vorerst ein Ende bereitet, aber eine erhebliche Zahl winziger Nachkommen lässt vermuten, dass erneut mit einem starken Auftreten der Pantoffelschnecken zu rechnen ist.

Pazifische Austern erobern Miesmuschelbänke

Im Wattenmeer bilden Miesmuscheln dicht aufwachsende Bänke, in dem sie sich mit fest haftenden Fäden aneinander spinnen. Sie können so im starken Gezeitenstrom Plankton filtrieren, ohne dabei selbst von der

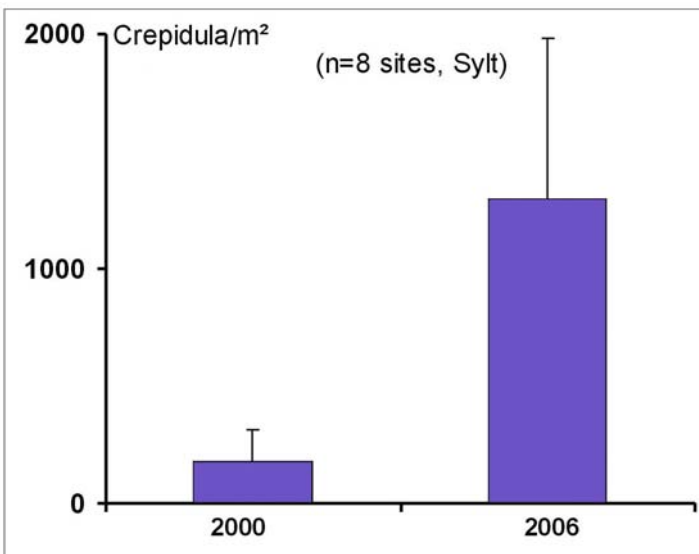


Abb. 2.2-3: oben: Invasive Amerikanische Pantoffelschnecken setzen sich zu Ringen aneinander, die dicht an dicht den Meeresboden bedecken. **unten:** Bei Sylt hatte die Siedlungsdichte stark zugenommen, weil durch milde Winter die Sterblichkeit der Pantoffelschnecke abnahm.

Strömung fort getragen zu werden. Diese Muschelbänke sind Oasen der Artenvielfalt und stellen mit Abstand die höchste Biomasse im ohnehin schon sehr produktiven Watt. Obwohl diese Muschelbänke nur etwa 1% der Fläche einnehmen, sind sie in der Lage binnen weniger Tage das gesamte Wasser des Wattenmeeres einmal zu filtrieren. Eine einzelne Muschel bringt es auf 9 Liter in der Stunde.

Die Miesmuscheln sind aber in Bedrängnis geraten. Zuvor schon in den Niederlanden und ab 1986 bei Sylt, wurde die aus dem nordwestlichen Pazifik stammende Auster *Crassostrea gigas* im Watt ausgesetzt, um sie in dem nahrungsreichen Gewässer zu mästen und dann auf den Markt zu bringen. Bedenken gegen dieses Unterfangen wurden zerstreut, durch die Annahme, dass sich diese Auster im kalten Wasser der Nordsee nicht vermehren könne. So wurden auch immer wieder junge Austern von Kulturen in Irland im unteren Gezeitenbereich ausgebracht, in Netzbeuteln auf Gestellen montiert, gepflegt und gehegt und dann nach einigen Monaten für den Markt geerntet.

Schon fünf Jahre später (1991) fand ich die erste Pazifische Auster – festgewachsen auf einer Miesmuschel – unweit der Sylter Austernfarm. Das zeigte, dass sich die Pazifische Auster doch im Nordseewasser vermehren konnte, denn anders wäre keine Austernlarve zur Miesmuschelbank gelangt, wo sie dann auf einer Muschel heranwuchs. Zunächst langsam, aber ab 2001 in rasantem Tempo, nahm die Anzahl der Austern auf den Muschelbänken zu (Abb. 2.2-4). Da die Austern schneller wachsen und größer werden können als die

Miesmuschel, wandelten sich die Muschelbänke bald in Austernriffe um, auf denen nur noch bei näherer Betrachtung Miesmuscheln zu entdecken sind. Miesmuscheln sind im Wattenmeer die wichtigste Nahrung für Eiderenten und Austernfischer, die mit den Pazifischen Austern nichts anfangen können. Eiderenten verschlucken Muscheln und zerkleinern sie in ihrem Magen. Das geht mit Miesmuscheln, aber nicht mit den viel größeren und scharfkantigen Austern. Austernfischer hämmern mit ihrem Schnabel Muschelschalen auf oder durchtrennen den Schließmuskel, wenn sich die filtrierende Muschel im seichten Wasser leicht öffnet. Zum Aufhämmern sind die Austernschalen zu dick und das Durchtrennen des Schließmuskels haben die Vögel bei dieser Auster noch nicht gelernt. Auch Krebse und Seesterne bevorzugen Miesmuscheln als Nahrung und scheitern an den großen Austern.

DIEDERICH et al. (2005) stellten fest, dass nur in den Sommern eine erfolgreiche Vermehrung der Pazifischen Austern erfolgt, in denen die mittlere Wassertemperatur in Juli oder August über 18°C steigt. Von 1987 bis 2003 war das in sechs Jahren der Fall und danach jedes Jahr; mit einem maximalen Brutfall im Sommer 2006. Das zeigt, dass die Erwärmung die Ursache für die starke Ausbreitung der Austern war. Die frühere Einschätzung, dass die Nordsee zu kalt für die Vermehrung der Pazifischen Auster sei, erwies sich als Irrtum, das auch schon deswegen, weil nicht ein langjähriges Temperaturmittel relevant ist, sondern es genügt, wenn die Temperatur in einzelnen Jahren ausreichend ist. Ohne Zweifel aber hätten die Austern bis heute die Miesmu-

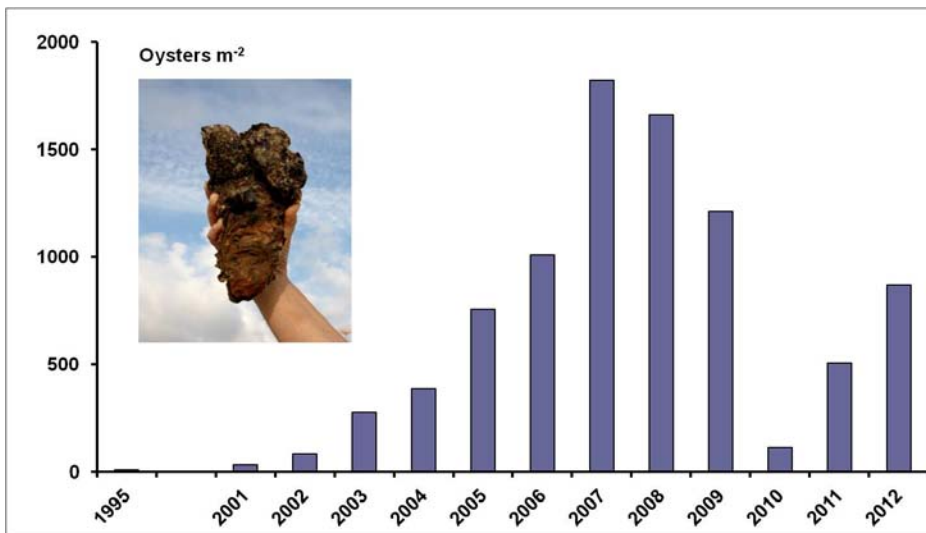


Abb. 2.2-4: Die Siedlungsdichte der invasiven Pazifischen Auster *Crassostrea gigas* nahm auf Miesmuschelbänken bei Sylt zu, bis eisreiche Winter diese Entwicklung etwas bremsten, aber auch nicht mehr rückgängig machten.

schelbänke noch nicht so überwachsen können, wenn ihnen nicht die Erwärmung zu Hilfe gekommen wäre.

Die Pazifischen Austern bilden im unteren Gezeitenbereich inzwischen stabile Riffe anstelle der Miesmuschelbänke. Die Miesmuscheln sind nicht gänzlich verschwunden, weil sie sich im Schutz der hoch aufwachsenden Austern wieder neu ansiedeln können (DIEDERICH 2005). Austern sind stärkere Filtrierer als Miesmuscheln. Eine erwachsene Auster bringt es auf 19 Liter pro Stunde. Da sie Siedlungsdichten erreichen, die denen der Miesmuscheln vergleichbar sind, hat die Filtrierleistung insgesamt durch die Austern deutlich zugenommen. Es wird also mehr Plankton dem Nordseewasser entnommen, aber die daraus gebildete Biomasse der Austern ist bisher nicht ins Nahrungsnetz integriert.

Abgesehen von diesem ökologischen Funktionswandel hat die invasive Auster noch zwei missliche Eigenschaften mitgebracht. Nicht nur für Vögel, sondern auch für Menschen sind die verwilderten Austern kaum zu nutzen. Sie kitten sich zu Klumpen fest aneinander, wachsen zu sehr unterschiedlichen Formen heran und sind so nicht für Feinschmecker zu gebrauchen. Noch unangenehmer sind ihre Schalenränder, die so scharf sein können wie Rasiermesser. Barfuß laufen im Watt ist höchst gefährlich geworden und auch das Baden von befestigten Uferböschungen aus ist nicht mehr möglich, wenn dort Austern auf den Steinen wachsen. Sie verursachen tiefe Schnittwunden.

Sind exotische Einwanderer schlecht oder gut?

Eine solche wertende Frage kann nur aus der Perspektive der betroffenen Menschen beantwortet werden. Die Austernfarm wirft Gewinne ab, Schnittwunden sind schmerzlich, und weniger Eiderenten und Austernfischer entspricht nicht einer natürlichen Entwicklung, wie sie für den Nationalpark Wattenmeer gewollt ist. Auch aus der Perspektive einzelner Arten sind Exoten ambivalent. Pantoffelschnecken verringern das Wachstum von Miesmuscheln, wenn sie sich auf ihnen festsetzen, aber andererseits fallen Miesmuscheln Seesternen nicht so leicht zum Opfer, wenn aufsitzende Pantoffelschnecken ihnen eine unförmige Gestalt verleihen (THIELTGES et al. 2006). Das *Spartina*-Gras trägt zur Verlandung bei und ebnet anderen Pflanzen der Salzwiese den Weg, aber gleichzeitig werden Wattbodenbewohner wie Wattwurm und Seegras verdrängt. Da sind die Vor- und Nachteile ungleich verteilt.

Exoten erhöhen die Biodiversität und steigern Leistungen des Ökosystems wie z.B. die Filtration des Meerwassers (REISE et al. 2006). Pazifische Aus-

tern und Pantoffelschnecken werden darin noch durch die amerikanische Schwertmuschel *Ensis americanus* unterstützt, die innerhalb weniger Jahre nach dem Einschleppen um 1978 in die Nordsee mit Ballastwasser eines Schiffes zur häufigsten Muschel in Strandnähe aufstieg. Weitere exotische Filtrierer sind amerikanische und asiatische Manteltiere und eine austro-pazifische Seepocke gehört ebenso dazu. Die derzeit längste Alge im Wattenmeer ist der Tang *Sargassum muticum*. Der stammt aus dem Westpazifik und bildet im Flachwasser ein reich strukturiertes Algenhabitat, das von vielen Tieren genutzt wird (BUSCHBAUM & REISE 2010). Die Kehrseite ist, dass solche Immigrationen irreversibel sind und die Lebensgemeinschaft des Wattenmeeres entsprechend nie wieder so werden kann wie sie einmal war. Der konservierende Naturschutz steht hier auf verlorenem Posten und das auch angesichts des Klimawandels.

Um das Einschleppen von immer mehr Arten zu verhindern, werden Verfahren erprobt, das Ballastwasser zu desinfizieren. Bevor Arten absichtlich eingeführt werden, müssen sie durch eine Quarantäne und sorgfältige Analyse, was die möglichen Folgen des Importes sein könnten. Alles das kann die Zahl der Einwanderer verringern, aber in einer Phase zunehmender Globalisierung unterstützt durch die Erwärmung lassen sich ungewollte Einwanderungen nicht ganz verhindern. Eines aber hilft: Je komplexer die Lebensräume, desto geringer sind die Auswirkungen der Immigranten auf die vorhandenen Arten. Integrationsprobleme werden entsprechend vornehmlich dort auftauchen, wo künstlich vereinfachte und homogenisierte Uferbereiche geschaffen wurden und Übergangshabitate zwischen Land und Meer bis auf kleine Reste reduziert wurden. Dies zu ändern, ist die beste Vorsorge gegen Auswirkungen des Welthandels und Klimawandels auf das Ökosystem Wattenmeer.

Ausblick

Die Kombination von Klimawandel und Welthandel hat die Lebensgemeinschaft an der Nordseeküste schon jetzt erheblich umstrukturiert. Dieser Prozess ist kaum umkehrbar und wird sich fortsetzen. Öffnet die Klimaerwärmung Schiffspassagen wie die eisfreie Fahrt durch arktische Gewässer und damit den direkten Weg vom Nordpazifik in die Nordsee, so ist mit einem Schub weiterer Arten zu rechnen, die mit den Schiffen eingeschleppt werden. Die Strecke ist dann kürzer und die Größe der Schiffe wird nicht mehr durch Kanaldurchfahrten begrenzt. Schnellere Passagen und größere Schiffe erhöhen die Wahrscheinlichkeit, dass Organismen als »Blinde Passagiere« die Fahrt überleben. Welches die nächsten Invasoren sein werden, ist

nicht voraussagbar, ebenso wie es nicht möglich ist, die Folgen eines absichtlichen Aussetzens einer Art im Beziehungsnetz des Ökosystems präzise zu berechnen.

Folgenreicher als invasive Arten für die Nordseeküste ist wahrscheinlich der mit der globalen Erwärmung verbundene Anstieg des Meeresspiegels – nicht für die Meeresbewohner, aber für die an der Küste lebenden Menschen. Zunächst wird der Tourismus vermutlich durch die Erwärmung weiter zulegen, aber das ansteigende Meer wird immer umfangreichere Anpassungsmaßnahmen erfordern, um die Inseln und die Deichlinie des Festlandes zu halten. Auf lange Sicht wird eine gewisse Dynamik der Küste und eine gesteuerte Durchdringung von Land und Meer die meisten Optionen bieten, nicht nur für Menschen, sondern auch für vielfältige Lebensräume zwischen Land, Süßwasser und Meer als beste Vorsorge, möglichst viele Klimaverlierer zu bewahren und die Klimagewinner zu integrieren.

Literatur

- BEUKEMA, J. J. & R. DEKKER (2005): Decline of recruitment success in cockles and other bivalves in the Wadden Sea: possible role of climate change, predation and postlarvae and fisheries. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 287, 149-167.
- BUSCHBAUM, C., D. LACKSCHEWITZ & K. REISE (2012): Nonnative macrobenthos in the Wadden Sea ecosystem. *Ocean & Coastal Management* 68, 89-101
- BUSCHBAUM, C. & K. REISE (2010): Globalisierung unter Wasser: Neues Leben im Weltnaturerbe Wattenmeer. *Biologie unserer Zeit* 3/2010, 202-210.
- DIEDERICH, S. (2005): Differential recruitment of introduced Pacific oysters and native mussels at the North Sea coast: coexistence possible? *J. Sea Res.* 53, 269-281.
- DIEDERICH, S., G. NEHLS, J. E. E. van BEUSEKOM & K. REISE (2005): Introduced Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in the northern Wadden Sea: invasion accelerated by warm summers? *Helgol. Mar. Res.* 59, 97-106.
- LOEBL, M., J. E. E. van BEUSEKOM & K. REISE (2006): Is spread of the neophyte *Spartina anglica* enhanced by increasing temperatures? *Aquatic Ecology* 40, 315-324.
- MACKENZIE B. R. & D. SCHIEDEK (2007): Daily ocean monitoring since the 1860s shows record warming of northern European seas. *Global Change Biology* 13:1335-1347.
- NEHLS, G., S. DIEDERICH, D. W. THIELTGES & M. STRASSER (2006): Wadden Sea mussel beds invaded by oysters and slipper limpets: competition or climate control? *Helgol. Mar. Res.* 60, 135-143.
- REISE, K. (1994): Das Schlickgras *Spartina anglica*: Invasion einer neuen Art. In: LOZÁN J. L., E. RACHOR, K. REISE, H. von WESTERNHAGEN & W. LENZ (Hrsg.) Warnsignale aus dem Wattenmeer. Blackwell, 211-214.
- REISE, K., S. OLENIN & D. W. THIELTGES (2006): Are aliens threatening European aquatic ecosystems? *Helgol. Mar. Res.* 60, 77-83.
- SAX, D. F., J. J. STACHOWICZ, J. H. BROWN, J. F. BRUNO, M. N. DAWSON, S. D. GAINES, R. K. GROSBURG, A. HASTINGS, R. D. HOLT, M. M. MAYFIELD, M. I. O'CONNOR & W. R. RICE (2007): Ecological and evolutionary insights from species invasions. *Trends in Ecology and Evolution* 22, 465-471.
- SCHIEFFARTH, G. & D. FRANK (2005): Shellfish-eating birds in the Wadden Sea – what can we learn from current monitoring programs. *Wadden Sea Ecosystems* 20, 149-200.
- THIELTGES, D. W., M. STRASSER, J. E. E. van BEUSEKOM & K. REISE (2004): Too cold to prosper – winter mortality prevents population increase of the introduced American slipper limpet *Crepidula fornicata* in northern Europe. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 311, 375-391.
- THIELTGES, D. W., M. STRASSER & K. REISE (2003): The American slipper-limpet *Crepidula fornicata*, L. in the northern Wadden Sea 70 years after its introduction. *Helgol. Mar. Res.* 57, 27-33.
- THIELTGES, D. W., M. STRASSER & K. REISE (2006): How bad are invaders in coastal waters? The case of the American slipper limpet *Crepidula fornicata* in western Europe. *Biological Invasions* 8, 1673-1680.

Prof. Dr. Karsten Reise

Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung
Wattenmeer Station Sylt

Karsten.Reise@awi.de

Reise, K. (2014): Nordseeküste: Klimawandel und Welthandel komponieren Lebensgemeinschaften neu. In: Lozán, J. L., Grassl, H., Karbe, L. & G. Jendritzky (Hrsg.). Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2. Auflage. Elektron. Veröffent. (Kap. 2.2) - www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de.